

DEUTSCHE BAUZEITUNG

MITTEILUNGEN ÜBER

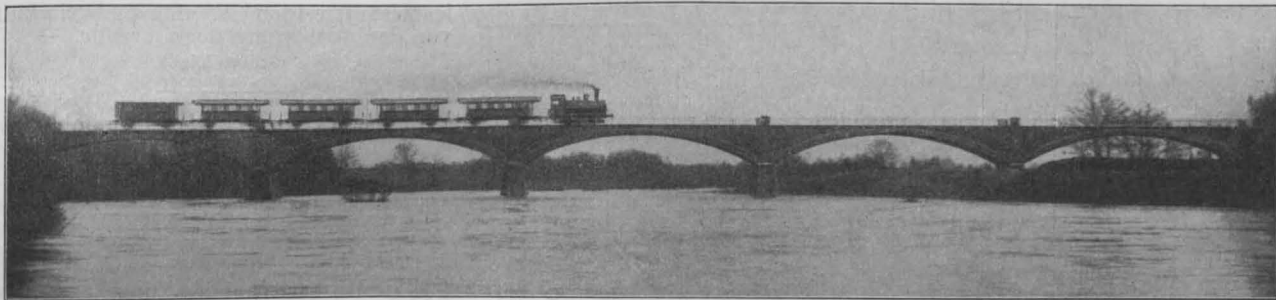
ZEMENT, BETON- UND EISENBETONBAU

* * * * *

UNTER MITWIRKUNG * DES VEREINS DEUTSCHER PORTLAND-CEMENT-
* * FABRIKANTEN * UND * DES DEUTSCHEN BETON-VEREINS * *

V. JAHRGANG.

No 20.



Abbildg. 1. Gesamtansicht der vollendeten Eisenbahnbrücke.

Eisenbahnbrücke in Rothenburg O.-L. Von Ober-Ingenieur Hart in Berlin.

Im Zuge der normalspurigen Kleinbahn Horka-Rothenburg-Priebus wurde in der zweiten Hälfte des vorigen Jahres innerhalb 4 Monaten eine Betonbrücke über die Neiße oberhalb Steinbach O.-L. ausgeführt. Die Bahnachse schneidet die Lausitzer Neiße bei km 42 + 225 der Flußstation. Die Hochwassermenge mußte mit 1461 cbm/Sek. angenommen werden. Das Durchflußprofil für die Brücke war auf Grund eines wassertechnischen Gutachtens zu rd. 600 qm festgestellt, sodaß bei größtem Hochwasserspiegel eine mittlere Geschwindigkeit von $\frac{1461}{600} = \text{rd. } 2,44 \text{ m/Sek.}$ in der Brückenöffnung entstehen muß.

Anfänglich sollte eine eiserne Brücke mit 3 Öffnungen zu je 50 m gebaut werden. Mit Rücksicht aber auf die Vorteile, welche die Ausführung eines massiven Bauwerkes brachte, nämlich geringere Kosten — an der Bau-

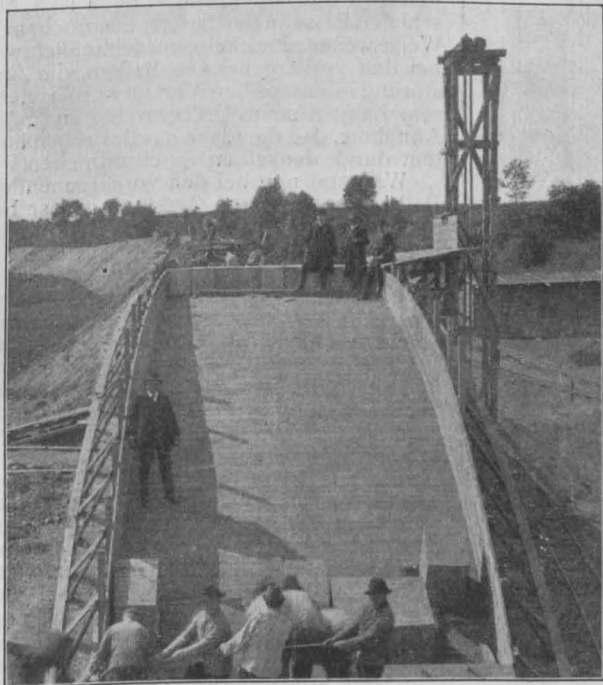
stelle war vorzüglicher Kies vorhanden, — Fortfall der Unterhaltung und unbeschränkte Dauerhaftigkeit und namentlich auch wegen der vom Unternehmer gewährleisteten kurzen Bauzeit wurde der Betonbrücke der Vorzug gegeben.

Das Bauwerk, dessen Gesamtansicht Abbildg. 1 darstellt, während in Abbildg. 2 der Längsschnitt, Grundriß und Aufriß, in Abbildg. 3 schließlich eine Reihe von Querschnitten wiedergegeben sind, besteht aus 5 Dreigelenkbogen von je 30 m Lichtweite. Die Breite der Brücke zwischen den einfachen schmiedeeisernen Geländern beträgt 4,5 m. Die Beschaffenheit des Baugrundes war recht verschieden und deshalb konnte die Gründung der Widerlager und Pfeiler nicht einheitlich erfolgen. Der obere Teil des Geländes bestand in einer Stärke von etwa 2—2,5 m aus scharfem Kies. Unter dieser Kieslage befand sich beim linken Widerlager Kies mit Lehm durchmischt und darunter fester, grauer Ton. Bei den 3 ersten Pfeilern war unter dem Kies steinfester, grauer Mergel, der kein Wasser durchließ und nur sehr schwer gelöst werden konnte. Am vierten Stompfeiler folgt auf eine etwa 2 m starke Mergelschicht scharfer Kies, während beim rechten Widerlager unter einem sandigen, festen, gelben Lehm dichter, harter Kies, der die Festigkeit von weichem Sandstein hatte, lagerte.

Während das linke Widerlager und die ersten drei Pfeiler ohne Zuhilfenahme von Spundwänden ausgeführt werden konnten, mußten für den 4. Stompfeiler und das rechte Widerlager Holzspundwände eingeschlagen werden. Infolge der Festigkeit des Baugrundes war ein Einschlagen der 18 cm starken Spundbohlen trotz kräftiger eiserner Schuhe in der vorgesehenen Länge nicht möglich; die Bohlen mußten vielmehr gleichzeitig mit dem Aushub der Erdmassen niedergebracht werden. Das rechte Widerlager ist gegen Unterspülungen bzw. Auskolkungen durch einen mit Beton ausgefüllten Fangedamm geschützt, während die Pfeiler und das linke Widerlager ganz besonders tief geführt sind, sodaß auch das reißende Hochwasser der Neiße keinen Schaden anrichten kann.

Die Abmessungen der Widerlager und Pfeiler sind aus den Abbildgn. 2 und 3 ersichtlich. Die Gründung ist so ausgeführt, daß eine höchste Bodenbeanspruchung von 5 kg/qcm nicht überschritten wird. In der Gelenkhöhe besitzen die Pfeiler eine Stärke von nur 2 m. Um ein Abscheren an dieser Stelle zu verhindern, ist der Beton durch Eisenlagen verstärkt.

Die Widerlager und Pfeilerfundamente sind, soweit im Trocknen gearbeitet werden konnte, in Mischung 1 Zement: 10 Neißekies gestampft; für den Pfeiler IV und das rechte Widerlager mußten die Fundamente unter Wasser mittels Trichter (Misch. 1:6) geschüttet werden. Der Beton der aufgehenden Teile der Widerlager und Pfeiler ist



Abbildg. 5. Ausführung der Gewölbe.

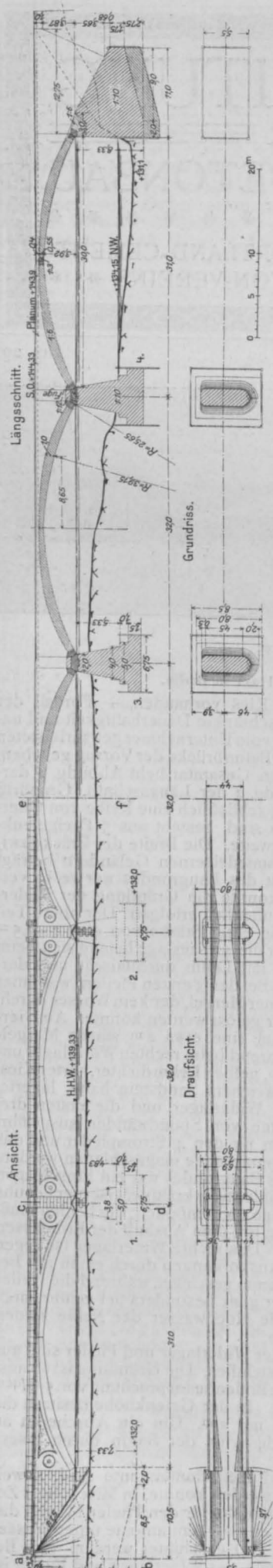
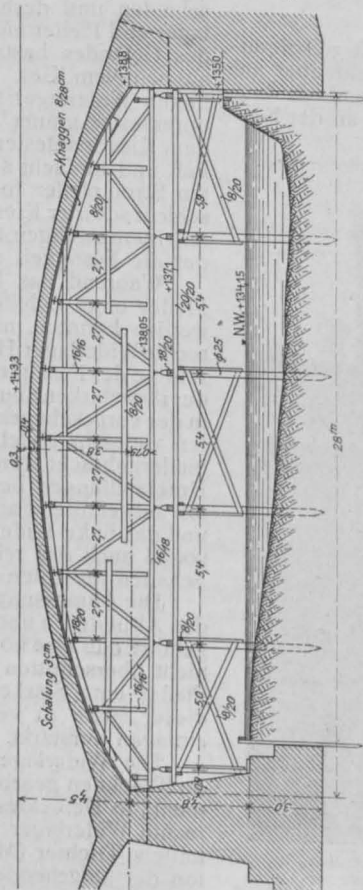
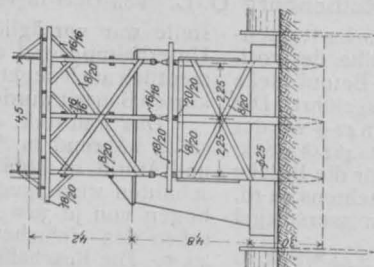


Abbildung 2. Übersichtszeichnung der Brücke in Ansicht, Grundriss und Schnitten.

Abbildung 3 (rechts). Querschnitt durch das Bauwerk an verschiedenen Stellen.

Abbildung 4 a und b (links). Längs- und Querschnitt durch das Lehrgerüst.

Eisenbahnbrücke über die Neisse in Rothenburg O.-L.



in Mischung 1:8 hergestellt. Die Strompfeiler erhielten an der gegen den Strom gerichteten Spitze eine Granitbekleidung. Das Lehrgerüst (Abbildung 4) erhielt im Flußgebiete große Oeffnungen, um bei eintretendem Hochwasser Baumstämmen und anderen Gegenständen freien Durchgang zu gestatten. Durch kräftige Pfähle, die in Abständen von 2 m eingerammt sind, wurde außerdem das Gerüst gegen einen heftigen Anprall schwerer Körper geschützt. Die Gerüste sind auf Schraubentöpfe gestellt. Das Holz ist auf Biegung mit 80 kg/qcm, auf Pressung mit 20 kg/qcm beansprucht. Im ganzen wurden 3 Gerüste hergerichtet. Für den 3. und 4 Bogen wurden die Gerüste der ersten beiden Oeffnungen wieder verwendet. Der Betonierung folgte die Ausrüstung, mit der an den Widerlagern begonnen und nach der Mitte hin vorgegangen ist. Meßbare Senkungen der Gewölbe konnten hierbei nicht festgestellt werden. Abbildg. 5 gibt ein Bild von der Ausführung der Gewölbe. —

(Schluß folgt.)

Einige Ergebnisse neuerer Eisenbeton-Versuche

der Firma Dyckerhoff & Widmann A.-G. Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung des „Deutschen Beton-Vereins“ 1908 von Dipl.-Ing. W. Luft, Direktor der Firma Dyckerhoff & Widmann A.-G. in Nürnberg. (Fortsetzung.)

Die Beobachtung des Entstehens eines schiefen Zugrisses unmittelbar vor dem hochgezogenen Eisen, der schließlich als die primäre Ursache der Zerstörung erkannt wurde, führt zu einer Hindurchführung der hochgezogenen Eisen durch den Balkenteil, innerhalb dessen schiefe Risse überhaupt möglich sind (Balken 10, Abbildg. 9 und 10). Dies wird zwischen Lastpunkt und Auflager sein. Es ergibt sich dann ein Teil der Hennebique-Armierung, die bekanntlich noch Bügel hinzufügt. Die ersten Zugrisse treten auf bei 6390 kg mit $\sigma_b = 36,1$, $\sigma_e = 565$, $\tau_0 = 8,1$, $\tau_1 = 3,4$ kg/qcm. Dieser Balken bewährte sich besser als die vorhergehenden. Der Bruch erfolgte bei 24800 kg, d. h. bei $\sigma_b = 160,8$, $\sigma_e = 2521$, $\tau_0 = 36,3$, $\tau_1 = 15,3$ kg/qcm.

Schiefe Risse traten auf (s. Abbildg. 10), deren Beeinflussung, was Richtung anlangt, durch die hochgezogenen Eisen unschwer zu erkennen ist. Erst bei Uebergang der Eisen in die Druckzone können sich die schiefen Risse in der bereits besprochenen Weise weiterentwickeln, um schließlich, wie bei den vorhergehenden Balken, die Zerstörung in demselben Verlauf herbeizuführen. Längsrisse im Untergurt führen zu der Annahme, daß die Eisen das Bestreben hatten, durch denselben durchzudrücken.

Während nun bei den vorhergehenden Balken die primären Zerstörungsrisse bei einer Belastung von 14 t auftreten, erscheinen sie hier erst bei 18 t. Es ist diese Erscheinung die wesentliche dieser Bewehrung, weil ein Hinausschieben des Auftretens primärer Risse, deren Uebergang zu solchen sekundärer Natur die Zerstörung des Balkens herbeiführen kann, für denselben in jedem Fall als günstig betrachtet werden muß. Flach hochgezogene Eisen haben also die Bildung der Zerstörungsercheinungen hinausgezogen.

Die Rechnung nach den Leitsätzen ergab für die Eisen im Untergurt eine Beanspruchung von 2521 kg, also einen Wert, der noch nicht einmal die obere Streckgrenze erreicht, während die Beanspruchung des Eisens in Wirklichkeit bereits die Fließgrenze erreichte. Dies zeigte sich auch dadurch bestätigt, daß man nach Entfernen des Betons nur an den unteren Eisen losen Zunder wahrnehmen konnte. Das Absprengen des Betons durch die Haken, das als eigentliche Brucherscheinung gelten dürfte,

erfolgte also kurz vor Eintritt der Erschöpfung der Zugfestigkeit des Eisens.

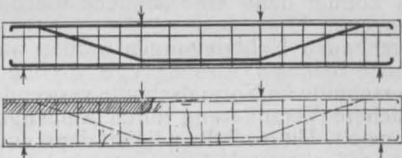
Die Bruchlast war 28 400 kg; doch erfolgte der als eigentliche primäre Ursache geltende schiefe Riß schon bei 18 000 kg. Dieser Last entsprechen Spannungen von $\sigma_b = 99,3$, $\sigma_e = 1575$, $\tau_0 = 22,8$, $\tau_1 = 9,6$ kg/qcm.

Das Verhältnis der den primären Riß hervorruftenden Last zur Bruchlast ist bemerkenswert, weil der Abstand beider hier sehr groß ist. Dies hat aber eine Aenderung der ganzen Auffassung von dieser Konstruktion zur Folge, denn ein Bauwerk wird immer noch als in gewissem Sinne tragfähig bezeichnet werden können, wenn vorhandene Risse erst bei einer Last den Bruch herbeiführen, die doppelt so groß als diejenige ist, welche ihr Auftreten hervorrief.

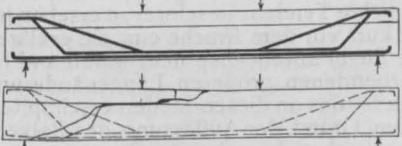
Wahrscheinliches Ergebnis.

Ein flach hochgezogenes Eisen verhindert zwar nicht die Bildung von schiefen Rissen, läßt aber den Bruchriß und damit die Bruchbelastung viel später entstehen, als bei einem steil hochgezogenen Eisen der Fall ist.

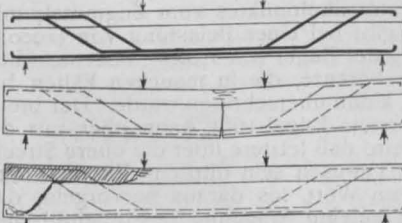
Dieser Versuch wird nahelegen, daß, um den schiefen primären Riß zu vermeiden, oder ihm doch seine Wirksamkeit zu nehmen, die vorige Konstruktion dahin verstärkt wird, daß in der Nähe der Auflager noch Eisen unter 45° hochgezogen werden. Es entsteht dann ein aus dem 2. und 3. Fall zusammengesetztes System (Balken 11; vergl. Abbildgn. 11 u. 12) Die bei dieser Verbindung entstehenden schiefen Zugrisse beweisen,



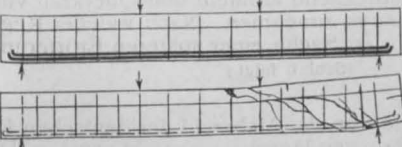
Abbildg. 9. Balken 10 a-c.



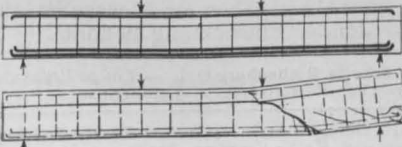
Abbildg. 11. Balken 11 a-c.



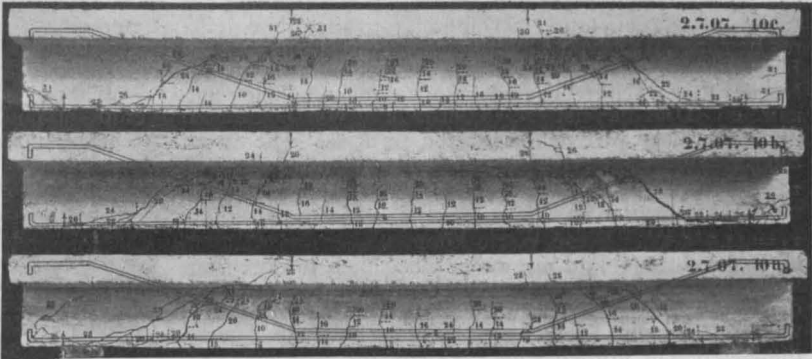
Abbildg. 13. Balken 4 a-c.



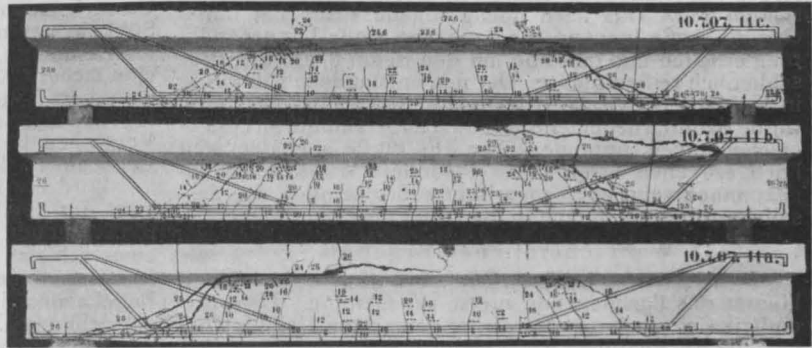
Abbildg. 15. Balken 5 a-c.



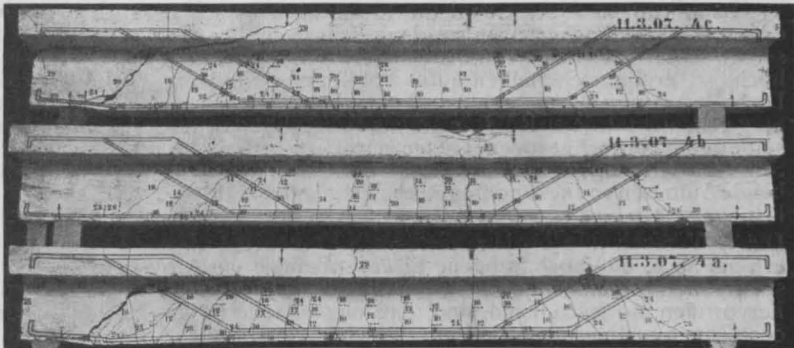
Abbildg. 17. Balken 6 a-c.



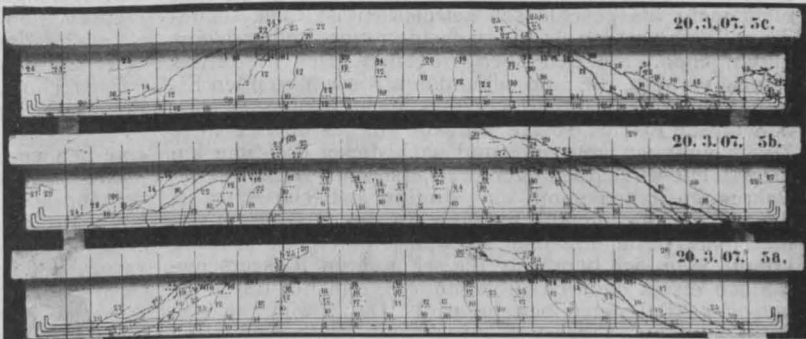
Abbildg. 10. Balken 10 a-c. Obere Eisen flach hochgezogen.



Abbildg. 12. Balken 11 a-c. Obere Eisen unter verschiedenen Winkeln hochgezogen.



Abbildg. 14. Balken 4 a-c. Obere Eisen an verschiedenen Stellen hochgezogen.



Abbildg. 16. Balken 5 a-c. Untere gerade Eisen und Bügel.



Abbildg. 18. Balken 6 a-c. Hinzufügung gerader Eisen im Obergurt.

daß hochgezogene Eisen von Einfluß auf die Richtung der schiefen Risse sein müssen. Dadurch wird aber ohne weiteres bestätigt, daß die hochgezogenen Eisen schon vor dem Bruch wirksam gewesen sind. Man sieht überall das Bestreben der Risse, senkrecht zu den hochgezogenen Eisen aufzutreten. Dies beweist die Uebertragung von Zugkräften durch die Eisen vor dem Auftreten der Risse. Die ersten Zugrisse sind aufgetreten bei 5000 kg mit $\sigma_b = 31,8$, $\sigma_s = 504$, $\tau_0 = 7,2$, $\tau_1 = 3,1$ kg/qcm. Der Bruch erfolgte bei 26900 kg; nach den Leitsätzen ist dann $\sigma_b = 151,2$, $\sigma_s = 2392$, $\tau_0 = 34,0$, $\tau_1 = 14,5$ kg/qcm. Diese Werte können aber einen Bruch im Druckgurt (s. Bild 12), wie er tatsächlich bei zwei Balken erfolgte, nicht rechtfertigen. Dabei ist zu bemerken, daß nur ein einziger Eisenquerschnitt flach hochgezogen ist, während in steiler Richtung zwei Querschnitte in Anwendung gebracht worden sind. So läßt die Rechnung erscheinen, daß dieser Balken ebenfalls an sekundären Erscheinungen zugrunde ging, noch ehe der Widerstand seiner Materialien in ihren Festigkeitseigenschaften erschöpft war. Das flach hochgezogene Eisen hat durch eine zu große Inanspruchnahme eine große Längenänderung erhalten und dieselbe auf den Beton übertragen, der schließlich reißen mußte. Der nun entstandene Riß wurde in die Platte bei großer Belastung weitergeführt. Die Platte wurde dadurch bedeutend geschwächt und mußte an Druckerscheinungen zugrunde gehen. Es dürfte aber dem steil hochgezogenen Eisen keine besondere Wirksamkeit zugekommen sein; es ist sogar sehr wahrscheinlich, daß dasselbe nur geringe Kräfte in die Druckzone übertragen hat.

Wahrscheinliches Ergebnis:

Vonnach verschiedenen Winkeln hochgezogenen Eisen kommt das flachliegende zuerst zur Geltung. Dies vereinbart sich auch mit der vorher gemachten Ueberlegung von der wellenartigen Ausbreitung der Bruchgefahr. Das flach hochgezogene Eisen wird eben früher getroffen als das steil gestellte. —

Beim vorigen System sind die Eisen nach verschiedenen Winkeln hochgezogen worden; zieht man aber dieselben unter gleichen Winkeln in geringen Abständen hoch, so ergibt sich Balken 4 (s. Abbildgn. 13 und 14). Diese Bewehrung aber erlaubte noch den durch den ganzen Steg gehenden schiefen Riß vom Auflager weg, ohne daß derselbe durch ein hochgezogenes Eisen getroffen worden wäre. Seine Erweiterungsmöglichkeit und das hieraus sich ergebende Auftreten von sekundären Rissen ist gegeben. Bruchlast 29000 kg; $\sigma_b = 175$, $\sigma_s = 2743$, $\tau_0 = 39,2$, $\tau_1 = 16,5$ kg/qcm. Dieser Versuch gibt bis jetzt die besten Ergebnisse, aber er zeigt auch, daß hochgezogene Eisen, sollen sie ein Absprengen des Betons durch eigenes Geradeziehen nicht hervorrufen, so festzulegen sind, daß diese Kräfte in andere Zonen zu übertragen sind; dies geschieht durch Bügel.

Die vorhergehenden Versuche zeigen, daß schiefe Risse in der Nähe der Auflager eine außerordentliche Bruchgefahr sind, da der Balken durch ihre Erweiterungsfähigkeit bald nicht mehr als geschlossen aufzufassen ist. Die sekundären Brüche werden als Enderscheinung unmittelbar daraus hervorgehen. Mit den hochgezogenen Eisen wurde das Prinzip verfolgt, die zum sekundären Risse führenden Erweiterungen des primären Risses nicht zuzulassen. Es fällt diesen Eisen also die Aufgabe zu, das durch schiefe Zugspannungen getrennte und nach dieser Richtung hin nicht mehr wirksame Material zu ersetzen. Derartige Bewehrungen haben somit eine direkte statische Aufgabe, die mit der Biegungsbeanspruchung des Balkens in unmittelbarer Beziehung steht. Nach einer anderen Auffassung könnte man sich bemühen, die sekundären Risseerscheinungen direkt dadurch zu verhindern, daß der durch sie getroffene Balkenteil bewehrt wird. Dabei wird die Ausdehnung des primären Risses innerhalb gewisser Grenzen erlaubt. Diese Ueberlegung führt zur Bewehrung mit Bügeln, denen somit von vornherein keine bestimmte statische Aufgabe zugeteilt wird; ob sie aber doch nicht eine solche übernehmen, ja zu übernehmen gezwungen sind, ist eine Frage, welche weiter unten erörtert werden soll.

Vermischtes.

Der Verein deutscher Portland-Cement-Fabrikanten hat in seiner außerordentlichen General-Versammlung, die am 13. d. Mts. in Heidelberg tagte und auf der fast alle deutschen Portland-Zement-Fabriken vertreten waren, nunmehr über die neue Fassung der Normen Beschluß gefaßt (vergl. die Ausführungen in No. 18). Diese Aenderungen beziehen sich auf die Einführung einer dem praktischen Bedürfnis entsprechenden Prüfung schon nach 7 Tagen und einer Prüfung bei Erhärtung in der Luft. Es sind ferner neue Mindestfestigkeiten angenommen worden, die eine Erhöhung gegenüber den bisherigen um 25 % bedeuten,

Der Balken No. 3 (in No. 19) zeigt, wie durch das Auftreten eines schiefen Risses in der Nähe des Auflagers der Steg von den Eisen abgesprengt wurde. Dies kann nur durch lotrechte Bügel verhindert werden.

Während die Bruchlast bei Balken 3 = 14800 kg beträgt, verdoppeln bei Balken 5 (Abbildg. 15 u. 16) lotrechte Bügel nach Abb. 4a in No. 19, wobei nur zwei Bügelquerschnitte im Normalschnitt wirken, allein beinahe die Bruchlast; sie beträgt 27200 kg und dementsprechend: $\sigma_b = 164,2$, $\sigma_s = 2549$, $\tau_0 = 36,5$, $\tau_1 = 15,3$ kg/qcm. Bei allen drei Balken 5 wird wiederum das Auftreten des schiefen Zugrisses in der Nähe der Auflager beobachtet. Das Absprengen des Steges vom Eisen kann infolge des Einflusses der Bügel nicht stattfinden. Die Bügel können aber nicht verhindern, daß sich besagter schiefer Riß in dem Druckgurt fortpflanzt. Die Bügel werden dann entsprechend der Querkraft aus dem Druckgurt herausgezogen unter gleichzeitiger Erweiterung des schiefen Risses. Die Zerstörung erfolgt dann in der verschwächten Platte infolge von Druckspannungen. Dieser Versuch läßt noch keine Schlußfolgerungen in bezug auf Stärkebemessung der Bügel zu. Balken 6 (Abbildg. 17 u. 18) lehrt vielmehr, daß Bügel in einer sicheren Zone durch eine sichere Konstruktionsweise gegen Herausziehen zu verankern sind, soll ihr Material in seinen Festigkeitseigenschaften ausgenützt werden. Aus den beiden letzten Versuchen ist ersichtlich, daß eine Verschwächung des Druckgurtes durch Zugrisse hintangehalten werden muß.

Wird die Platte als der allein wirksame Teil des Balkens, der bei der Aufnahme von Druckspannungen in Betracht kommt, angesehen, so kann also die Ausdehnung eines schiefen Zugrisses nur bis dahin erlaubt werden. Die Platzfrage einerseits und der geringe Durchmesser der Bügel andererseits drängt aber dazu, die Bügel über die ganze Ausdehnung des schiefen Risses von der Unterkante bis zur Platte zu verteilen. Es sollen deshalb dieselben auch über die Zugzone, in der eigentlich Risse bis zur Null-Linie oder deren Nähe rechnerisch angenommen werden, verlegt werden. Daraus ergibt sich mit zwingender Notwendigkeit, daß dann auch den Bügeln eine statische Bedeutung beizumessen ist. Ihre Wirkung innerhalb dieses Teiles des Balkens könnte dann eine ähnliche wie diejenige der hochgezogenen Eisen sein.

Nach den vorstehenden Ueberlegungen werden nun beim nächsten Versuch Balken 6 (Abbildg. 17 u. 18) Bügel, und zwar 4 Eisenquerschnitte im Normalschnitt verwendet und es wird eine sichere Verankerung durch Aufhängen am Obergurteisen erzielt. Dieser Balken liefert dann auch eine Bruchlast von 30800 kg und dementsprechend ein $\sigma_b = 2780$, $\sigma_s = 177,7$, $\tau_0 = 39,8$, $\tau_1 = 16,8$ kg/qcm. In der Nähe des Auflagers treten mitten im Stege Risse auf, deren zu den Bügeln senkrechte Tendenz unschwer zu erkennen ist. Diese Risse treten kurz vor dem Bruche ein; sie erklären sich dahin, daß die Bügel überbeansprucht waren und infolge der damit verbundenen größeren Längenänderung die Zugfestigkeit des Betons an diesen Stellen erschöpften. Werden die Bügel auf Grund der Auffassung des Balkens als ein quadratisches Fachwerk, wobei der Druckgurt den Obergurt, die unteren Eiseneinlagen den Untergurt bedeuten, berechnet, so wären die Bügel auf die doppelte Länge der Entfernung des Druckmittelpunktes vom Zugmittelpunkt zu verteilen. Dies gibt bei einer Belastung von 32000 kg eine Beanspruchung der Bügel von 2700 kg, bedeutet aber, daß die obere Streckgrenze, die in manchen Fällen bedeutend höher lag, kaum überschritten wurde. Der breite Riß, der so und so viele Bügel trifft, kann aber nur dadurch entstanden sein, daß letztere über die obere Streckgrenze beansprucht gewesen sein dürften. Für die Praxis ist dies insofern von Wert, als daraus hervorgeht, daß die eben zugrunde gelegte Annahme des quadratischen Fachwerkes nicht gerechtfertigt ist, vielmehr wäre wahrscheinlicher ein Fachwerk zugrunde zu legen, dessen einzelne Felder entsprechend Moment und Querkraft vom Auflager weg an Länge zunehmen. Nach welcher Regel dies geschehen soll, ist Sache einer späteren Erörterung.

(Schluß folgt.)

Festigkeiten, wie sie von der Mehrzahl der deutschen Fabriken übrigens schon seit längerem erreicht wurden. Die Beschlüsse des Vereins beweisen, daß die deutsche Zement-Industrie, der durch die moderne Bauweise des Eisenbetons ein neues weites Absatzgebiet erschlossen ist, sich ebenfalls in fortschreitender Entwicklung befindet. —

Inhalt: Eisenbahnbrücke in Rothenburg O.-L. — Einige Ergebnisse neuerer Eisenbeton Versuche. (Fortsetzung.) — Vermischtes. —

Verlag der Deutschen Bauzeitung, G. m. b. H., Berlin. Für die Redaktion verantwortlich Fritz Eiselen, Berlin. Buchdruckerei Gustav Schenck Nachflg., P. M. Weber, Berlin